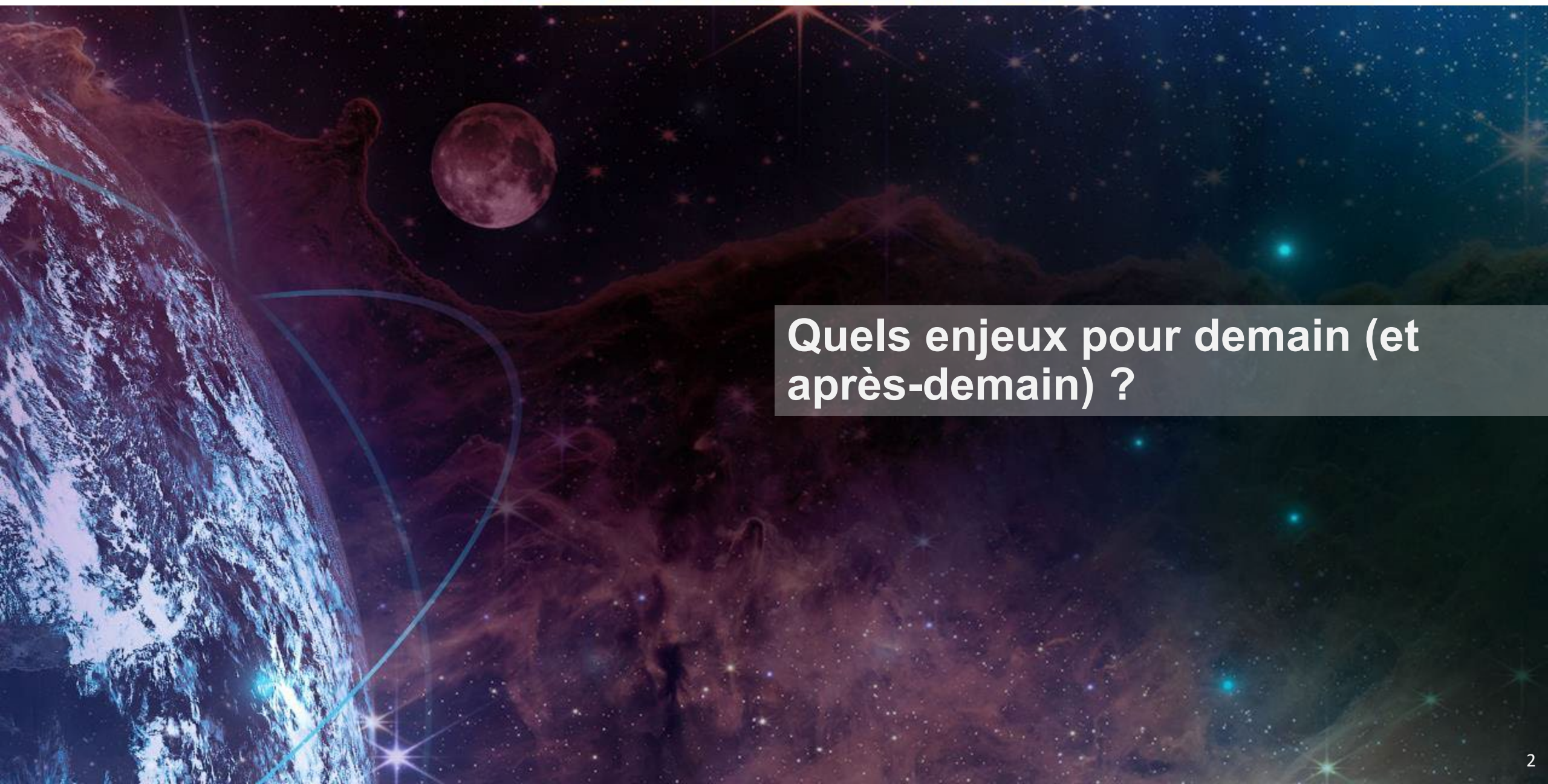


# Une stratégie intégrant tous les possibles : quels moyens pour quelles ambitions ?

Yves André ; Fabrice Ardhuin ; Gilles Bergametti (président sortant du CPS) ;  
Matthieu Berthomier ; Baptiste Cecconi ; Selma Cherchali ; Cathy Clerbaux ;  
Bruno Cugny (animateur du groupe), Agnès Ducharne, ; Jean-Marie Hameury  
(président entrant du CPS), Karine Issautier ; Christophe Laporte ; Laurence  
Lavergne ; Laurence Lorda ; Didier Massonnet ; Isabelle Panet ; Frédéric  
Parol ; Hervé Roquet ; Marc Sauvage ; Céline Tison ; Paola Van-  
Troostenberghe



Quels enjeux pour demain (et après-demain) ?

## Des ambitions fortes

### En Sciences de l'Univers et Exploration (SUE)

- Détecter les signatures des ondes gravitationnelles primordiales pour comprendre la physique de l'inflation
- Habitabilité des planètes et satellites du système solaire
- Etc...

### En Etude et Observation de la Terre (EOT)

- Etude intégrée du système Terre pour comprendre les différents cycles et l'impact de l'homme
- Interactions entre l'intérieur de la Terre et ses enveloppes externes
- Etc...

### Avec comme conséquences

- Le besoin d'instruments qui sont à la limite, voire au-delà de ce qui est faisable
- Des missions lourdes, coûteuses et devant être planifiées sur le long terme
- La nécessité d'assimiler et d'hybrider des données issues de multiples sources (y/c modèles)
- **Ce sont des tendances structurelles lourdes qui ne s'infléchiront pas sur le moyen/long terme**

## Un contexte en évolution rapide

### Un contexte politique privilégiant les besoins sociétaux

- Nouvelle tutelle : Ministère de l'Économie pour développer l'écosystème spatial national (newspace)
- Europe : développement significatif de Copernicus (Sentinel Expansion et NG) et du programme exploration
- La science n'est pas / plus le moteur, mais des données fondamentales pour la science (Copernicus) et des opportunités à considérer (Lune, newspace)

### Désengagement à confirmer des MOI historiques sur les missions scientifiques

### Un contexte programmatique international tendu

- Difficultés du programme martien (Exomars et Mars Sample Return)
- Fin programmée de l'ISS : quel accès à l'espace pour les domaines SDM et SDV ?

### Un contexte international évolutif

- Etats-Unis et Chine se disputent le leadership. Quelle place pour l'Europe ?
- Pays émergents (cf. Emirats Arabes Unis) qui ont des ambitions (et des moyens)
- Arrêt des collaborations avec la Russie

### Une demande sociétale forte de réduire l'empreinte environnementale

- Demande de l'Etat de réduction de l'empreinte carbone de la filière spatiale
- Attention portée à la pollution des orbites, du ciel visible, de l'environnement électromagnétique.

### Le Cnes, agence de programme chargée de l'espace

## Les défis à relever (1/2)

### Relever le défi posé par les ambitions chinoises et US

- Renforcer l'Esa pour qu'elle soit plus efficace et réactive – en maintenant les partenariats NASA et CSA

### Maintenir une capacité d'innovation

- Maintenir un programme ambitieux de préparation du futur

### Maximiser l'usage des données spatiales

- Les données restent encore sous-utilisées (haute technicité, cloisonnement de l'accès)
- Poursuivre les développements de Data Terra
- Mettre en place les dispositifs pertinents (pôles de données et services ou autres) en SUE là où existent des besoins

### Former des scientifiques

- Développer et renforcer les filières de formation aux métiers du spatial ou en lien avec les données spatiales
- Plus généralement, combattre le désintérêt pour la science (secondaire, licence)
- Partenariat avec les universités à mieux formaliser ; rôle de l'agence

### Résoudre les tensions entre les ressources (RF et RH) prévisibles et ambitions scientifiques

## Les défis à relever (2/2) : Réduire l'impact environnemental de la recherche spatiale

Trois postes clés : lancement, AIV/AIT, hardware

Pour réduire l'empreinte environnementale par euro dépensé, certaines mesures font consensus et devraient être mises en œuvre rapidement

- Poursuivre les efforts de quantification ; financement de recherches sur l'empreinte environnementale
- Mutualisation et réutilisation de moyens de supports sol ; rationalisation à l'échelle locale
- Ecoconception
- Missions ballon comme option de démonstrateurs technologiques
- Utilisation de données d'archives à encourager
- Etc.

Mais cela ne suffira pas pour atteindre l'objectif global de réduction d'un facteur 6

- La répartition des efforts sur l'ensemble des activités humaines ne peut être uniforme et doit s'appuyer sur les bénéfices sociétaux de ces activités.
- L'accroissement des connaissances est un enjeu sociétal à court, moyen et long terme
- Sans cadrage global, les comités scientifiques ne sont pas aujourd'hui armés pour sélectionner les projets en fonction de leur impact environnemental



Quelles missions ?

## Quelles ambitions, complexités et coûts des missions de demain ?

Une vaste palette de missions est indispensable pour atteindre les objectifs scientifiques

La taille des missions diffère en fonction des domaines

- **Très grandes missions : XL** (classe > 2 G€).
  - Spécificité du domaine SUE
  - Complexité due à des contraintes fondamentales (résolution spatiale, sensibilité, cryogénie pour IR et submm, etc.)
- **Grandes missions : L** (~1G€) : En SUE, prolongement des missions XL (cf. Juice), mêmes justifications. EOT : quelques missions très ambitieuses e.g., Swot, ou des observatoires multi-missions e.g., AOS
- **Missions moyennes : M** (quelques centaines de M€) : incontournables en SUE et grosses missions EOT (EE, Copernicus, ...)
- **Petites missions S** (< 200 M€) **et XS** : pertinentes sur des sujets spécifiques en SUE (SHM notamment) et en EOT. L'amélioration de la revisite peut aussi passer par des plus petits satellites un peu moins performants : enjeux applicatifs clairs, scientifiques possibles ?



## Quel cadre de réalisation de ces missions ?

### Missions XL : uniquement dans un cadre international dépassant l'Europe

- Mission européenne avec contributions majeures d'autres pays sur les priorités les plus fortes (Lisa)
- Participation limitée mais significative à des missions Nasa (JWST)

### Missions L et M :

- SUE : cadre Esa pour des participations significatives, bilatéral possible si contribution limitée
- EOT : Europe ou bilatéral (y compris avec des contributions importantes) possibles en raison de sources de financement complémentaires (e.g. PIA). Mais le cost-cap des missions EE de l'Esa peut exclure les missions les plus innovantes

### Petites missions

- Bilatéral, voire national. Sauf exception (e.g. programme Scout de l'Esa, avec nanomagsat), le cadre Esa n'est pas idéal en raison des surcoûts générés par les contraintes Esa quand les missions sont réalisables dans un cadre national ou bilatéral

### Des contributions hardware « modestes » ont souvent un fort retour scientifique

## Le newspace : de vraies opportunités, mais à consolider

- Newspace : irruption de nouveaux acteurs dans un objectif commercial fournissant des moyens et/ou des services
- Développements scientifiques plus lents qu'espérés au SPS2019 qui s'était surtout intéressé aux nanosats
- **Constellations de satellites pour EOT** en complément aux missions institutionnelles (haute revisite) : **hydrologie, imagerie (multi/hyperspectral), aérosols et gaz à effet de serre**. La démonstration de l'apport scientifique reste encore à faire.
- Questions sur la **précision de la mesure**, **l'accessibilité des données** pour un usage scientifique et le bilan environnemental
- Report de la difficulté sur le **traitement de la donnée** car données plus nombreuses mais de moins bonne qualité (objectif scientifique non central). Développer simulateurs d'observations ?
- Il faut **interclasser les projets scientifiques newspace avec l'ensemble des projets scientifiques** : l'excellence scientifique doit être déterminante, et ce n'est pas pénalisant pour les projets (Smash est une priorité majeure)
- Veille pointue sur infrastructures bord et sol du newspace
- La Lune (objet d'étude ou base) n'apparaît pas comme une priorité forte / poids exploration lunaire

## Quel rôle des laboratoires dans la réalisation des projets ? (1/2)

### Domaine SUE : forte contribution au hardware

- Conception des instruments, réalisation (avec sous-traitance industrielle), AIV/AIT, maîtrise d'œuvre des « petits » instruments : les laboratoires visent la maîtrise des performances
- Les laboratoires n'ont pas (et n'ont jamais eu) la capacité d'être maître d'œuvre des instruments les plus complexes (e.g. Athena)
- Le Cnes est incontournable comme maître d'œuvre des instruments les plus complexes pour en assumer les risques et doit se préparer à des demandes accrues

### Domaine EOT : s'assurer que les performances attendues répondent aux objectifs scientifiques

- Définition des objectifs scientifiques, suivi des spécifications, développement de simulateurs, contribution au segment-sol, cal/val
- Maîtrise de la physique de la mesure
- Besoin de compétences en instrumentation in-situ ou aéroportée

## Quel rôle des laboratoires dans la réalisation des projets ? (2/2)

### Les laboratoires sont incontournables mais potentiel humain en baisse

- Synergie chercheurs / ingénieurs, prise de risque aisée
- Perte de compétences instrumentales dans les labos, attractivité en baisse pour les jeunes chercheurs (critères de recrutement, salaires) et ingénieurs
- Besoin d'un **soutien fort par les tutelles** : fléchage de postes
- Le soutien du CNES est très appréciable (thèses, post-docs, CDD)
- Les efforts d'optimisation du système atteignent leurs limites

### Recours accru au support industriel : plus couteux et avec réserves ?

- La prise de risque par l'industrie a un coût important. L'équilibre actuel a quelques avantages de ce point de vue...
- **Industrialiser des filières d'instruments très utilisés** (e.g., magnétomètres).
- Si frilosité des MOI confirmée, le Cnes pourrait être amené à prendre **des maitrises d'œuvre avec sous-traitance PME**.



**Rechercher de nouvelles  
compétences académiques et  
soutenir l'existant**

## Données massives et complexes

### Contexte:

- Généralisation des traitements IA et prémices des jumeaux numériques (digital twin factory)
- Accès massif aux données (e.g. PF de distribution de données « intelligentes » et multi-sources)
- Le lien sciences et données est une priorité nationale (cf. CID sciences et données au CNRS)

### SPS 2019 : besoin d'un rapprochement avec les sciences mathématiques et informatiques

- Utilisation d'outils et méthodes existants
- Développement de nouvelles méthodes

### Afficher une stratégie globale et visible sur les données spatiales

- Action conjointe Cnes/CNRS (Miti) a permis de faire émerger des collaborations et a joué un rôle d'incubateur;
- **Poursuivre et amplifier cette action ; l'inscrire dans la durée**, avec d'autres outils, et des perspectives claires à long terme, notamment en matière de soutien (thèses, post-doctorants) et recrutements
- **Elargir aux autres organismes**, pour l'inscrire dans une **stratégie d'ensemble** et lui donner ainsi de la **visibilité**
- A discuter dans le cadre de l'agence ?

## Instrumentation

- Nécessité d'un effort comparable à ce qui a été fait sur les données pour développer des collaborations avec des laboratoires non spatiaux ayant des compétences fortes sur les détecteurs, composants, etc.
- « Instrumentation sans limites » : un des 6 nouveaux défis du CNRS
- **Action conjointe Cnes / CNRS pouvant être élargie à d'autres organismes**, ciblée dans un premier temps sur la R&T et éventuellement démonstrateurs et prolongeant les actions en cours à l'Insu (non ciblées spatial)
- Accompagnement par des formations aux techniques spécifiques du spatial
- **Affichage explicite de ressources importantes** : financières, mais aussi de recrutements de chercheurs, doctorants et post-docs ; chaires CPJ ?
- Une visibilité sur la **pérennité** de ces efforts sur le long terme est indispensable

**Mettre en avant les aspects défi scientifique / numérique / instrumental, avec accompagnement en termes de budget et de RH (doctorants, post-docs, éventuellement CDD à condition que la pérennité soit assurée) pour être attractif**

## Nouveau domaine : les sciences humaines et sociales

- Une première : appel à contributions du SPS ouvert aux SHS
- Intérêts scientifiques pour les SHS
  - Le spatial en tant qu'objet d'études : droit, histoire, (géo)politique
  - Utilisation de données spatiales, qui apportent des éclairages nouveaux, même si parfois indirects (e.g., épidémiologie, biodiversité animale)
  - Le newspace, les crises environnementales et la prévision/gestion des risques sont porteurs de nouvelles questions sociétales
- Aujourd'hui traité en partie dans le GT surfaces continentales ; à terme GT SHS ?
  - Définir les contours et les interfaces





**Maintenir une activité soutenue de  
préparation du futur pour rester  
compétitif sur le long terme**

## Préparer le long terme

### • Stratégie

- Le Cnes n'est, par choix politique, plus prescripteur de missions scientifiques de très grande ampleur (en particulier en SUE) => participer aux missions européennes ou en bilatéral en étant un partenaire fiable et un contributeur essentiel à une capacité critique, en gardant une capacité de maîtrise d'œuvre de « petites » missions

### • Entretenir les filières d'excellence

- Amélioration continue et analyse critique de l'avenir de chacune ; transfert vers l'industrie si récurrence
- Entretien et développement de la maîtrise de la physique de la mesure

### • Maintenir un savoir faire à base large

- Utiliser les activités avion, ballons et nanosats pour maintenir savoir-faire et formation
- Garder au Cnes une maîtrise d'œuvre interne de « petits » projets et d'instruments complexes
- Meilleure information des partenaires du Cnes sur les évolutions du dispositif, élargissement de la base

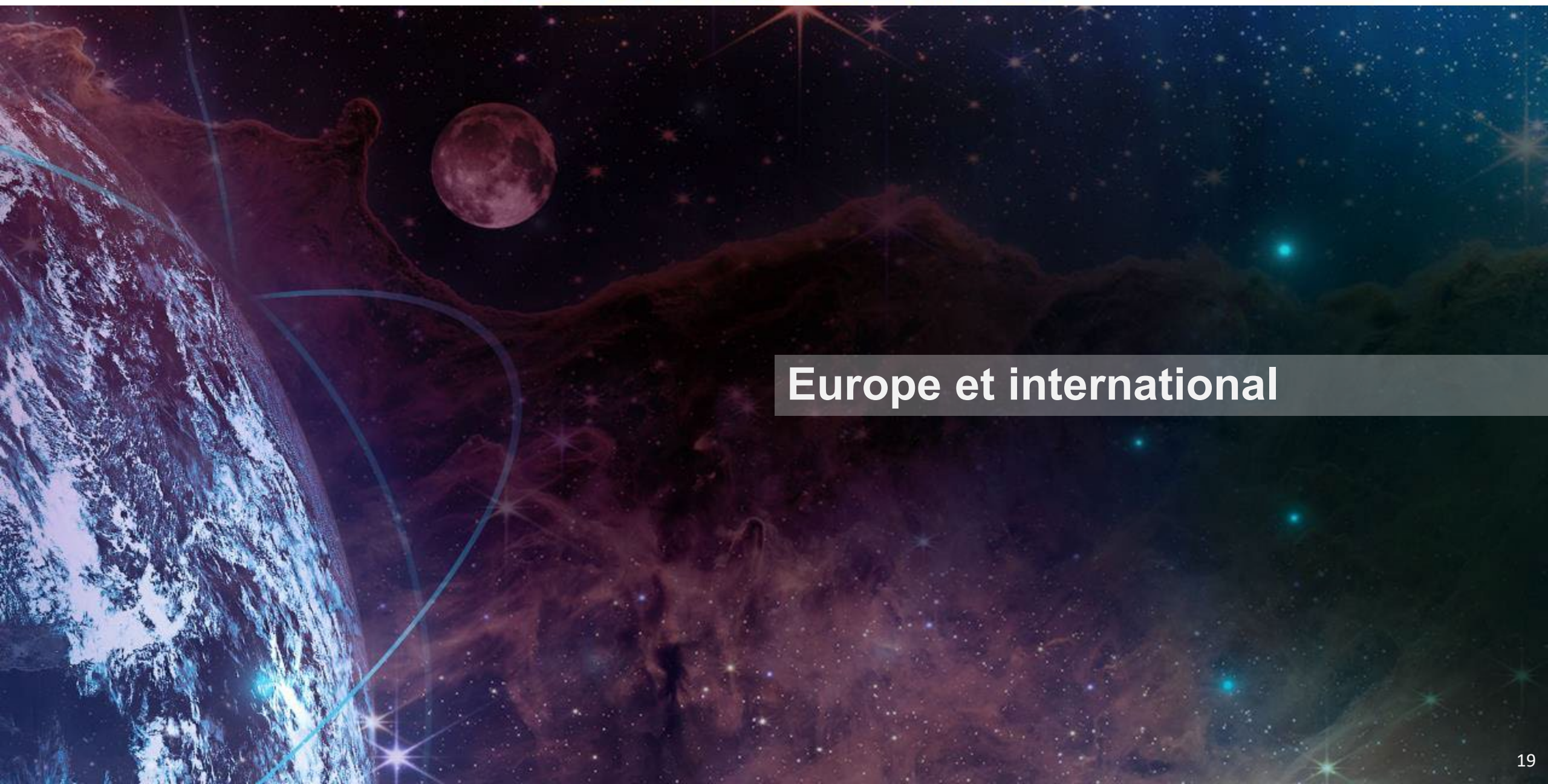
### • Développer de nouvelles capacités

- Être au bon niveau de R&T : anticiper sans excès

### • Axes de travail « processus » proposés par le Cnes : voir rapport R&D

### • Ressources humaines des laboratoires

- Veiller à préserver l'activité de R&D dans les laboratoires malgré les contraintes projets



Europe et international

## Europe et international

### Renforcer l'Esa pour qu'elle soit plus efficace et réactive


- Programme obligatoire : colonne vertébrale de la programmation en SUE. Mais diminution sur 10 dernières années (en euros constants); il faut **corriger cela** (et augmenter en parallèle le budget Cnes dédié aux CU Esa)
- Programme EE : le cost-cap doit permettre la réalisation de missions innovantes et ambitieuses
- Les règles de juste retour sont pénalisantes, et difficiles à faire évoluer ; plus de **souplesse ? Ne pas morceler l'instrumentation** (non concernée par ces règles)
- Réduire le nombre et/ou la durée des phases compétitives entre missions
- Améliorer le **fonctionnement interne** de l'Esa
- Déficit de **lobbying** de façon générale, conjugué (dans le passé) à une sous-souscription dans le domaine EOT. Cela vaut aussi pour l'UE

### Les missions bilatérales, un complément indispensable

- Maintien de coopérations historiques ambitieuses en bilatéral avec Nasa, Jaxa, Isro.
- Maintenir les collaborations avec la Chine, y compris dans un cadre Esa
- Aider les pays émergents (e.g. EAU) à développer une communauté scientifique intéressée par le spatial en s'appuyant sur les organismes..

### Rôle de l'UE pour soutenir l'exploitation scientifique des missions de l'Esa

- **Réintroduire le soutien générique à l'exploitation des données spatiales dans le FP10**



**Le Cnes, agence de programme en charge de l'espace**

## Cnes, agence de programme

- Il joue déjà ce rôle : pas de bouleversement attendu
- Des opportunités à saisir pour renforcer les liens avec les organismes et les universités
  - Le comité des partenaires complète les comités interorganismes existants, souvent ciblés sur projets, et les discussions en bilatéral
  - Domaines où une discussion interorganismes à haut niveau pourrait être pertinente
    - Politique RH
    - Projets données / instrumentation
    - Formation aux métiers du spatial
    - Partenariats internationaux
- Le rôle du CPS doit rester celui d'un conseil indépendant donnant des avis scientifiques

En résumé

## Conclusions

- Enjeu du SPS 2024 : **maintien de la compétitivité scientifique** de la France et de l'Europe dans un contexte international où les équilibres se déplacent, quand de nouvelles tâches sont confiées par l'Etat à la communauté scientifique (réponse aux enjeux sociétaux, soutien au newspace, ...)
- Les enjeux de connaissance justifient un **effort soutenu des tutelles** ainsi que la mise en place d'une **stratégie claire, explicite et à long terme du CNES et des organismes** en soutien à la recherche spatiale, RH en particulier.
  - Rechercher de **nouvelles compétences académiques**
  - Mettre en place des actions pérennes, pluriorganismes et à long terme, en soutien à l'**instrumentation** et aux **données** avec un volet RH important
- Préparer et accompagner les changements de l'équilibre Cnes / Labos / industriel
- **Renforcer l'ESA** (moyens, organisation) sans changer significativement l'équilibre Europe / bilatéral
- Saisir les **opportunités offertes par le newspace**
- Maintenir une **activité soutenue de préparation du futur** (R&D, phases 0, démonstrateurs, ...)
- La réduction de **l'empreinte environnementale** est un impératif majeur
- Le Cnes doit **coordonner** ces actions et utiliser les nouvelles opportunités offertes par le cadre de **l'agence de programme**



# MERCI !

- A tous les groupes (thématiques, spécifiques, Ceres, Tosca, CPS)
- Au Cnes
- Aux présentateurs
- A Gilles Bergametti
- A Eric Fayolle